

Kapazitiver Sensor zur Detektion des Füllstandes eines Mediums in einem Behälter

Publication number: DE19949985

Publication date: 2001-05-10

Inventor: WINKENS FRANK (DE); FRANK WOLFGANG (DE)

Applicant: SIE SENSORIK IND ELEKTRONIK GM (DE)

Classification:

- international: G01F23/26; G01F23/22; (IPC1-7): G01F23/26; G01D5/24

- european: G01F23/26B2; G01F23/26B4

Application number: DE19991049985 19991015

Priority number(s): DE19991049985 19991015

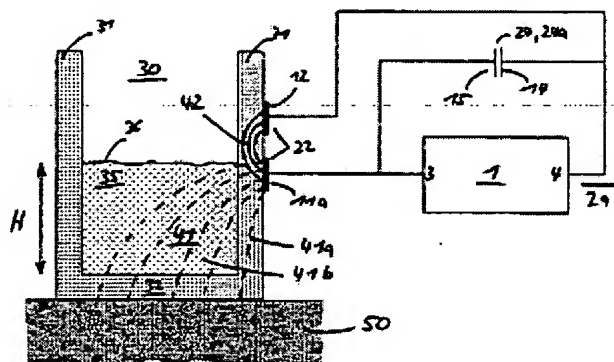
Also published as:

WO0129520 (A1)
EP1222442 (A1)
EP1222442 (A0)

Report a data error here

Abstract of DE19949985

The invention relates to a sensor comprising an amplifier which is capacitively charged in relation to a mass by a container and a medium constrained therein. Said amplifier is provided with a capacitance feedback whose dimensions are such that the amplifier oscillates exclusively when a critical content level is not attained. The capacitance feedback is influenced by the container in such a way that the capacitive charge of the amplifier input caused exclusively by the container is counteracted. According to the invention, the sensor only reacts to the capacitance of the medium in a manner which is essentially independent of the size of the container. The inventive sensor is also characterized in that it operates at a frequency enabling it to decide between a real and a fake fill level in the container by virtue of differences in the conductivity of the medium. Said fake fill level being caused by wetting or foam. Problems which sensors operating at a very high working frequency of more than approx. 50 MHz are prone to can however be avoided.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide



②① Aktenzeichen: 199 49 985.3
②② Anmeldetag: 15. 10. 1999
④③ Offenlegungstag: 10. 5. 2001

⑦① Anmelder:
SIE Sensorik Industrie-Elektronik GmbH, 68519
Viernheim, DE

⑦④ Vertreter:
Mierswa, K., Dipl.-Ing., Pat.- u. Rechtsanw., 68199
Mannheim

⑦② Erfinder:
Winkens, Frank, 67067 Ludwigshafen, DE; Frank,
Wolfgang, 68519 Viernheim, DE

⑤⑥ Entgegenhaltungen:
DE 44 33 677 A1
DE 42 17 305 A1
DD 2 21 549 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Kapazitiver Sensor zur Detektion des Füllstandes eines Mediums in einem Behälter

⑤⑦ Ein erfindungsgemäßer Sensor umfaßt einen Verstärker, der durch einen Behälter und ein darin enthaltenes Medium kapazitiv gegen Masse belastet ist und der eine kapazitive Rückkopplung aufweist, die so dimensioniert ist, daß der Verstärker dann und nur dann oszilliert, wenn der kritische Füllstand nicht erreicht ist. Die kapazitive Rückkopplung wird erfindungsgemäß durch den Behälter so beeinflußt, daß der durch den Behälter allein verursachten kapazitiven Belastung des Verstärkereingangs entgegengewirkt wird. Hierdurch wird erreicht, daß der Sensor weitgehend unabhängig von der Größe der Behälterkapazität allein auf die Kapazität des Mediums anspricht. Ein erfindungsgemäßer Sensor zeichnet sich ferner durch eine solche Arbeitsfrequenz aus, daß mit Hilfe der Leitfähigkeit des Mediums unterschieden werden kann zwischen einer massiven und einer scheinbaren, durch Benetzung oder Schaumbildung vorgetäuschten Füllung des Behälters mit dem Medium, jedoch diejenigen Probleme weitgehend vermeidet, mit denen Sensoren mit sehr hoher Arbeitsfrequenz von über ca. 50 MHz behaftet sind.

Die Erfindung betrifft einen kapazitiven Sensor zur Detektion des Füllstandes eines Mediums in einem Behälter mit nichtmetallischer Behälterwand.

Stand der Technik

Berührungslos arbeitende kapazitive Sensoren zur Erkennung des Füllstandes eines dielektrischen Mediums im Inneren von Behältern mit nichtmetallischen Wänden mittels Elektroden, die außen an dem Behälter angebracht sind, sind bekannt und finden z. B. in der chemischen und pharmazeutischen Industrie, in der Wasseraufbereitung und in der Medizintechnik vielfache Anwendung. Das Funktionsprinzip dieser Sensoren beruht darauf, daß eine Elektrode außen an der Behälterwand in einer bestimmten Höhe angebracht ist. Die Elektrode wird im folgenden "aktive Elektrode" genannt und ist so angeordnet, daß bei Anlegen einer Spannung ein elektrisches Feld zwischen der aktiven Elektrode und Masse entsteht, das im wesentlichen durch den Behälter und das darin enthaltene Medium verläuft. Das Medium kann eine Flüssigkeit oder z. B. auch ein Pulver sein.

Da das Medium, z. B. Wasser oder eine wäßrige Lösung, eine höhere Dielektrizitätskonstante aufweist als Luft, wächst die Kapazität der aktiven Elektrode gegenüber Masse mit zunehmendem Füllstand des Mediums in dem Behälter an. Diese Kapazität wird nachfolgend "aktive Kapazität" genannt.

Mittels einer geeigneten elektronischen Schaltung wird festgestellt, ob die Kapazität zwischen der aktiven Elektrode und Masse einen bestimmten kritischen Wert übersteigt oder nicht. In einer üblichen, dem Stand der Technik entsprechenden Ausführungsform umfaßt eine solche Schaltung einen Verstärker, an dessen Eingang die aktive Elektrode angeschlossen und so positioniert ist, daß der Eingang durch die Kapazität der aktiven Elektrode gegenüber Masse kapazitiv belastet ist. Wird der Behälter mit einem Medium gefüllt, so vergrößert sich die Kapazität der aktiven Elektrode gegenüber Masse, da die Dielektrizitätskonstante aller festen und flüssigen Medien größer ist als diejenige von Luft. Die kapazitive Belastung des Eingangs des Verstärkers wächst also mit dem Füllstand des Mediums im Behälter an.

Der Verstärker ist ferner mit einer Rückkopplung versehen, und der Verstärkungsfaktor des Verstärkers ist so gewählt, daß der Verstärker aufgrund der Rückkopplung oszilliert, solange die den Eingang belastende Kapazität den kritischen Wert nicht übersteigt, wogegen die Oszillation des Verstärkers abbricht und einem Nullsignal weicht, wenn die Kapazität größer ist als dieser kritische Wert. Mittels einer geeigneten zusätzlichen Schaltung, in die das Ausgangssignal des Verstärkers eingespeist wird, kann durch das Abbrechen der Oszillation ein Schaltsignal ausgelöst werden. Typischerweise liegt die Frequenz der Oszillation unter 1 MHz.

Die somit gegebene kritische Kapazität, die einer bestimmten kritischen Füllstandshöhe des Mediums im Behälter entspricht, definiert somit den Auslösepunkt des Sensors. Der Wert der kritischen Kapazität kann verändert werden, indem z. B. der Verstärkungsfaktor des Verstärkers verstellt wird. Hierdurch ist der Auslösepunkt des Sensors justierbar.

Ein wesentlicher Nachteil solcher Sensoren besteht darin, daß die aktive Kapazität nicht durch die Dielektrizitätskonstante und den Füllstand des Mediums allein bestimmt ist, sondern zusätzlich auch von den kapazitiven Eigenschaften des Behälters, d. h. von dessen Abmessungen und Form so-

wie von der Dielektrizitätskonstanten des Behältermaterials beeinflusst wird, da ein Teil der elektrischen Feldlinien zwischen der aktiven Elektrode und Masse die Wand des Behälters, nicht jedoch das Medium selbst durchläuft. Der Behälter wirkt aufgrund dieses Effektes als zusätzliche Kapazität, die sich der Kapazität des Mediums störend überlagert und im folgenden als "Behälter-Eigenkapazität" bezeichnet wird.

Auch derjenige Teil der Feldlinien, der durch das Medium verläuft, durchquert beim Übergang von der aktiven Elektrode zum Medium und beim Übergang vom Medium zur Masse jeweils das Behältermaterial, da die Behälterwand sich zwischen der aktiven Elektrode und dem Medium befindet und der Behälterboden sich zwischen Medium und Masse befindet. Diese Randbedingung äußert sich durch das Auftreten einer weiteren Kapazität, die in Serie mit der Kapazität des Mediums geschaltet ist und im folgenden "Übergangskapazität" genannt wird.

Die aktive Kapazität umfaßt somit drei Einzelkapazitäten, von denen eine im wesentlichen durch Eigenschaften und Füllstand des Mediums bestimmt ist, während die beiden anderen im wesentlichen durch die kapazitiven Eigenschaften des Behälters bestimmt sind.

Durch den Einfluß des Behälters wird somit der Schaltungspunkt des Sensors verschoben. Diesem Störeinfluß wird gemäß dem Stand der Technik durch eine entsprechende Justierung des Schaltungspunktes Rechnung getragen. Bei Austausch des Behälters gegen einen solchen mit anderen Eigenschaften, z. B. gegen einen solchen aus einem Material mit anderer Dielektrizitätskonstante oder gegen einen solchen mit anderer Wandstärke, muß der Schaltungspunkt neu justiert werden.

Ein weiterer erheblicher Nachteil von Sensoren, die dem Stand der Technik entsprechen, wird im folgenden dargestellt. In der Praxis kommt es in vielen Fällen vor, daß das Medium mit Teilen der Innenwände des Behälters selbst in Bereichen, die oberhalb des Füllstandsniveaus liegen, in Kontakt kommt und sie dadurch benetzt. Eine solche Benetzung oberhalb der Oberfläche des Mediums kann z. B. durch Schaumbildung, durch aufsteigende Blasen, durch Kapillarkwirkung, durch Kondensation oder durch Wellenbildung aufgrund von Erschütterungen oder Rührvorgängen verursacht werden. Des weiteren kann eine solche Benetzung dadurch entstehen, daß das Füllstandsniveau des Mediums im Behälter z. B. durch Entnahme des Mediums abgesenkt wird, wobei an der Innenwand des Behälters eine benetzte Fläche zurückbleibt.

Erfahrungsgemäß kann bereits eine dünne Schicht des Mediums, die z. B. durch eine solche Benetzung der Seitenwand oder etwa auch durch die Bildung von Schaum über der Oberfläche des Mediums entsteht, bei Sensoren, die dem Stand der Technik entsprechen, zu erheblichen Fehlfunktionen führen. Die Ursache hierfür besteht darin, daß bereits eine solche dünne Schicht des Mediums einen wesentlichen Beitrag zur Kapazität zwischen Elektrode und Masse liefern kann, so daß der Sensor nicht unterscheiden kann zwischen einer tatsächlichen massiven Füllung des Behälters und einer scheinbaren, durch Benetzung oder Schaumbildung vorgetauschten Füllung des Behälters. Dieser Umstand kann dazu führen, daß der Sensor auslöst, obwohl die Oberfläche des Mediums das kritische Füllstandsniveau nicht erreicht.

Die Möglichkeit, diese mit Benetzung der Behälterwand und Schaumbildung einhergehenden Probleme durch die Verwendung sehr hoher Oszillationsfrequenzen von typischerweise 50 MHz bis 1 GHz lösen, ist bekannt. Durch die Verwendung einer derart hohen Arbeitsfrequenz kann erreicht werden, daß der Sensor unterscheiden kann zwischen einer massiven und einer scheinbaren, durch Benetzung

oder Schaumbildung vorgetäuschten Füllung des Behälters mit dem Medium.

Das Betreiben eines Sensors unter sehr hohen Frequenzen bringt jedoch den gravierenden Nachteil mit sich, daß das Auftreten von Reflexionen, stehenden Wellen und anderen Störungen innerhalb des Zuleitungskabels zwischen Oszillator und Elektrode stark begünstigt wird, wodurch die eindeutige Detektion des Füllstandes erschwert und der Schalterpunkt oftmals deutlich verschoben wird. Bei solchen Systemen kann bereits das bloße Berühren des Zuleitungskabels mit der Hand zu einer erheblichen Verschiebung des Schaltpunktes führen.

Ein weiterer Nachteil bei der Verwendung derart hoher Frequenzen betrifft die EMV-Problematik. Da die elektromagnetische Emission mit der Frequenz stark zunimmt, ist die Einhaltung der entsprechenden gesetzlichen Emissionsgrenzwerte bei Verwendung derart hoher Frequenzen schwierig. Darüber hinaus muß das System gemäß EMV-Vorschrift so eingerichtet sein, daß eine elektromagnetische Einstrahlung von außen mit einer Feldstärke von 3 V/m im Frequenzbereich von 80 MHz bis 1 GHz keine Funktionsstörung des Systems verursacht. Auch diese Forderung ist bei Betreiben des Sensors mit den oben genannten sehr hohen Frequenzen nur schwer zu erfüllen.

Technische Aufgabe

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen berührungslos arbeitenden kapazitiven Sensor bereitzustellen, der auslöst, wenn der Füllstand eines Mediums in einem Behälter oberhalb einer bestimmten kritischen Schwelle liegt, wobei der störende Einfluß der kapazitiven Eigenschaften des Behälters zu einem wesentlichen Teil neutralisiert ist. Der vorliegenden Erfindung liegt ferner die Aufgabe zugrunde, einen berührungslos arbeitenden kapazitiven Sensor bereitzustellen, dessen Auslösepunkt sich durch eine Benetzung der Behälterinnenwand oder Schaumbildung über der Oberfläche des Mediums nur unwesentlich verschiebt.

Diese Aufgabe, den Einfluß der kapazitiven Eigenschaften des Behälters zu einem wesentlichen Teil zu neutralisieren, wird erfindungsgemäß gelöst durch einen kapazitiven Sensor zur Detektion des Füllstandes eines Mediums in einem Behälter mit nichtmetallischer Behälterwand, umfassend einen Verstärker und eine erste Elektrode, die an den Eingang des Verstärkers angeschlossen ist und gegenüber Masse mit einer ersten Kapazität behaftet ist, so daß der Eingang des Verstärkers kapazitiv belastet ist, wobei die Elektrode so angeordnet ist, daß das durch das Signal zwischen der Elektrode und Masse entstehende elektrische Feld im wesentlichen durch den Behälter und das Medium verläuft, so daß die Größe der ersten Kapazität einerseits mit zunehmendem Füllstand des Mediums in dem Behälter anwächst und andererseits durch die kapazitiven Eigenschaften des Behälters beeinflusst ist, eine zweite Elektrode, die an den Ausgang des Verstärkers angeschlossen ist, und eine dritte Elektrode, die an den Eingang des Verstärkers angeschlossen ist, wobei sich die zweite Elektrode und die dritte Elektrode in einem Abstand zueinander befinden und so positioniert sind, daß zwischen ihnen eine zweite Kapazität besteht, deren Größe wesentlich durch die kapazitiven Eigenschaften des Behälters und nur unwesentlich durch den Füllstand des Mediums im Behälter beeinflusst ist und die eine kapazitive Rückkopplung des Verstärkers darstellt, und ferner umfassend einen Kondensator, der eine dritte Kapazität aufweist, wobei die eine Elektrode des Kondensators an den Ausgang und die andere Elektrode des Kondensators an den Eingang des Verstärkers angeschlossen ist, so daß der Kon-

densator parallel zu der zweiten Kapazität ebenfalls eine kapazitive Rückkopplung des Verstärkers darstellt, wobei die Kapazität des Kondensators so gewählt ist, daß der Verstärker aufgrund der kapazitiven Rückkopplung nur dann oszilliert, wenn der Füllstand des Mediums im Behälter und damit die erste Kapazität jeweils unterhalb einer bestimmten Schwelle liegen, wobei die zweite Kapazität dem den Eingang des Verstärkers belastenden kapazitiven Einfluß des Behälters entgegenwirkt, so daß der kapazitive Einfluß des Behälters reduziert ist.

Die Aufgabe, eine Benetzung der Behälterinnenwand oder Schaumbildung über der Oberfläche des Mediums als solche zu erkennen und von einer tatsächlichen, massiven Füllung des Behälters zu unterscheiden, wird dadurch gelöst, daß als Verstärker ein Verstärker mit einer solchen Eigenfrequenz verwendet wird, daß einerseits die Belastung des Eingangs des Verstärkers durch den ohmschen und kapazitiven Widerstand zwischen der Elektrode und Masse so beeinflusst ist, daß der Verstärker oszilliert, wenn der Füllstand des Mediums in dem Behälter unterhalb dieser Schwelle liegt und die Innenseite der Wand des Behälters oberhalb der Oberfläche des Mediums mit einer Schicht des Mediums behaftet ist oder wenn oberhalb der Oberfläche des Mediums Schaum vorliegt, und daß andererseits die Störungen, die durch das Auftreten von Reflexionen, stehenden Wellen und anderen Einflüssen innerhalb des Zuleitungskabels zwischen Oszillator und Elektrode verursacht werden, unerheblich sind und die geltenden EMV-Vorschriften eingehalten werden.

Bei einem erfindungsgemäßen Sensor erfolgt die Rückkopplung durch zwei parallel geschaltete Kapazitäten.

Die eine dieser Kapazitäten wird durch einen Kondensator von konstanter, vom Füllstand des Mediums im Behälter und von den kapazitiven Eigenschaften des Behälters unabhängigen Kapazität gebildet und im folgenden "feste Rückkopplungs-Kapazität" genannt. Dieser Kondensator hat die Aufgabe, ein Oszillieren des Verstärkers immer dann zu gewährleisten, wenn die kapazitive Belastung des Eingangs unterhalb der kritischen Füllstandshöhe liegt.

Die andere dieser Kapazitäten wird durch zwei Elektroden gebildet, die so positioniert sind, daß die zwischen ihnen bestehende Kapazität, die im folgenden "Kompensations-Kapazität" genannt wird, wesentlich durch Eigenschaften des Behälters bestimmt ist. Dies wird vorteilhaft dadurch erreicht, daß beide Elektroden in einem Abstand zueinander nahe an der Behälterwand angebracht und so ausgerichtet sind, so daß das zwischen beiden Elektroden verlaufende elektrische Feld zu einem wesentlichen Teil im Inneren der Behälterwand verläuft. Diejenige dieser beiden Elektroden, die an den Ausgang des Verstärkers angeschlossen ist, wird im folgenden Kompensations-Elektrode genannt. Bei gegebener Oszillationsfrequenz des Verstärkers ist die Rückkopplung um so intensiver, je größer die Kompensations-Kapazität ist.

Erfindungsgemäß üben die kapazitiven Eigenschaften des Behälters somit zwei gegenläufige Einflüsse auf die Größe des Eingangssignals des Verstärkers aus:

Einerseits erhöhen die kapazitiven Eigenschaften des Behälters die aktive Kapazität, was den Ausgang des Verstärkers kapazitiv belastet und das Eingangssignal des Verstärkers verkleinert. Andererseits verstärken die kapazitiven Eigenschaften des Behälters die kapazitive Rückkopplung des Verstärkers, was das Eingangssignal vergrößert.

Die genannten gegenläufigen Wirkungen neutralisieren sich zumindest teilweise gegenseitig. Durch geeignete Wahl des Anbringungsortes und der Abmessungen der betreffenden Elektroden läßt es sich erreichen, daß sich diese Wirkungen näherungsweise gegenseitig aufheben. In diesem

Fall ist der Einfluß kapazitiven Eigenschaften des Behälters auf den Schalterpunkt des Sensors weitgehend eliminiert. Eine Neujustierung des Sensors bei Verwendung eines Behälters mit anderen kapazitiven Eigenschaften, z. B. eines Behälters aus einem anderen Material oder mit anderer Wandstärke, kann somit in sehr vielen Fällen entfallen, was für zahlreiche Anwendungen einen erheblichen Vorteil darstellt. Die Verwendung von Behältern mit sehr großer Wandstärke, die z. B. aus Gründen der Wärmedämmung zweckmäßig sein kann, wird für viele Anwendungen erst bei Einsatz eines erfindungsgemäßen Sensors sinnvoll.

Einen weiteren Vorteil bringt der Umstand mit sich, daß der Auslösepunkt eines erfindungsgemäßen Sensors nicht nur bei Austausch eines Behälters gegen einen solchen mit anderen kapazitiven Eigenschaften weitgehend stabil bleibt, sondern auch dann, wenn sich die kapazitiven Eigenschaften ein- und desselben Behälters während des Betriebes des Sensors verändern.

Dies kann z. B. in dann der Fall sein, wenn eine heiße Flüssigkeit in den Behälter eingefüllt wird, die sich anschließend abkühlt. Aufgrund von Temperaturänderung verändert sich die Dielektrizitätskonstante des Behältermaterials und damit der kapazitive Einfluß des Behälters. Bei Verwendung eines Sensors, der dem Stand der Technik entspricht, wird der Auslösepunkt daher mit einer Temperaturdrift behaftet sein, der oftmals mit entsprechenden Neujustierungen des Schalterpunktes begegnet werden muß. Bei Einsatz eines erfindungsgemäßen Sensors hingegen kann dieser Aufwand in vielen Fällen entfallen, da hier der Auslösepunkt gegenüber dem kapazitiven Einfluß des Behälters und damit auch gegenüber einer Änderung dieses Einflusses stabilisiert ist.

Ein erfindungsgemäßer Sensor unterscheidet sich von einem dem Stand der Technik entsprechenden Sensor auch durch seine Arbeitsfrequenz, d. h. die Frequenz, mit der der Verstärker oszilliert, wenn der Füllstand des Mediums im Behälter unterhalb des kritischen Füllstandes liegt.

Wie bereits oben erwähnt, weisen herkömmliche, dem Stand der Technik entsprechende Sensoren eine Arbeitsfrequenz auf, die mit typischerweise 100 kHz bis 1 MHz so niedrig ist, daß bei Vorliegen einer Benetzung der Behälterinnenwand oder bei Schaumbildung über der Oberfläche des Mediums erhebliche Fehlmessungen resultieren können, wobei dieses Problem durch die Verwendung sehr hoher Oszillationsfrequenzen von typischerweise 50 MHz bis 1 GHz gelöst werden kann, was jedoch andere wesentliche Nachteile mit sich bringt.

Im Rahmen der vorliegenden Erfindung wurde herausgefunden, daß diese Nachteile bei Verwendung einer Arbeitsfrequenz im Bereich von ca. 4 MHz bis ca. 10 MHz weitgehend eliminiert sind, während der wesentliche Vorteil, daß eine Benetzung der Behälterinnenwand oder Schaumbildung über der Oberfläche des Mediums aufgrund ihrer Leitfähigkeit als solche erkannt und von einer tatsächlichen, massiven Füllung des Behälters unterschieden werden können, dennoch erhalten bleibt. Ein erfindungsgemäßer Sensor ist demnach in der Lage, durch Wahl der Arbeitsfrequenz im Bereich zwischen ca. 4 MHz und ca. 10 MHz gleichzeitig die kapazitiven Eigenschaften und die Leitfähigkeit des Mediums zur Detektion des Füllstandes auszunutzen.

Die Fähigkeit eines erfindungsgemäßen Sensors, eine Benetzung der Behälterinnenwand oder Schaumbildung über der Oberfläche des Mediums aufgrund ihrer Leitfähigkeit als solche zu erkennen und von einer tatsächlichen, massiven Füllung des Behälters zu unterscheiden, beruht auf dem nachfolgend erläuterten Prinzip. Wenn der tatsächliche, massive Füllstand des Mediums unterhalb des kritischen Füllstandes liegt und oberhalb der Oberfläche des Mediums eine Benetzung der Behälterinnenwand oder

Schaumbildung vorliegt, dann stellt der dünne Flüssigkeitsfilm einen Widerstand dar, der in erster Näherung nicht von der Frequenz abhängt und der zwischen die Übergangskapazität und die Kapazität des Mediums geschaltet ist. Der Flüssigkeitsfilm wirkt somit als ohmscher Widerstand zwischen zwei kapazitiven Widerständen. Der Eingang des Verstärkers wird durch den Summenwert dieser drei Widerstands-Komponenten belastet.

Bei Verwendung einer niedrigen Arbeitsfrequenz sind diese kapazitiven Widerstände sehr hoch, da sich der kapazitive Widerstand umgekehrt proportional zur Frequenz verhält. Der ohmsche Widerstand liefert daher in diesem Fall nur einen relativ geringen Beitrag zur Widerstandssumme, d. h. der Flüssigkeitsfilm spielt für die Belastung des Eingangs des Verstärkers nur eine untergeordnete Rolle. Für die Widerstandssumme und damit für die Auslösung des Sensors ist es daher unerheblich, ob eine tatsächliche massive oder eine scheinbare, durch Benetzung oder Schaum vorgetäuschte Füllung des Behälters mit dem Medium vorliegt.

Bei Verwendung einer sehr hohen Arbeitsfrequenz hingegen sind diese kapazitiven Widerstände sehr niedrig. Der ohmsche Widerstand liefert daher in diesem Fall einen relativ großen Beitrag zur Widerstandssumme, d. h. der Flüssigkeitsfilm spielt für die Belastung des Eingangs des Verstärkers eine wesentliche Rolle. Für die Widerstandssumme und damit für die Auslösung des Sensors ist es daher entscheidend, ob eine tatsächliche massive Füllung des Behälters (niedriger ohmscher Widerstand, Sensor löst aus) oder eine scheinbare, durch Benetzung oder Schaum vorgetäuschte Füllung des Behälters (hoher ohmscher Widerstand, Sensor löst nicht aus) vorliegt.

Kurzbeschreibung der Zeichnung, in der zeigen:

Fig. 1 ein Prinzipschaltbild eines erfindungsgemäßen Sensors mit den für seine Funktion maßgeblichen Kapazitäten,

Fig. 2 eine schematische Skizze einer Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Sensors und den Verlauf der elektrischen Felder bei einem Füllstand, der höher ist als der kritische Füllstand,

Fig. 3 eine schematische Skizze einer Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Sensors und den Verlauf der elektrischen Felder bei einem Füllstand, der niedriger ist als der kritische Füllstand,

Fig. 4 eine Querschnittsansicht des Behälters, an dessen Innenwänden eine Schicht des Mediums anhaftet,

Fig. 5 eine Querschnittsansicht einer bevorzugten Anordnung der Elektroden,

Fig. 6 eine Frontalansicht einer bevorzugten Anordnung der Elektroden,

Fig. 7 eine Frontalansicht einer anderen Anordnung der Elektroden, und

Fig. 8 eine Frontalansicht einer wiederum anderen Anordnung der Elektroden.

Wege zur Ausführung

Fig. 1 zeigt ein Prinzipschaltbild eines erfindungsgemäßen Sensors mit den für seine Funktion maßgeblichen Kapazitäten. Der Ausgang 4 eines Verstärkers 1 ist mit einer Elektrode 11 verbunden, die die aktive Elektrode des Sensors darstellt. Die aktive Elektrode 11 ist vorzugsweise nahe der Wand 31 an der Außenseite des Behälters 30 und in einer bestimmten Höhe über dem Boden 32 des Behälters 30 angebracht (Fig. 2).

Die aktive Elektrode 11 ist gegenüber der Masse 50 mit einer Kapazität 21 behaftet, die sich, wie oben erläutert, aus einer Übergangskapazität 27 und einer mit dieser in Serie wirkenden Kapazität 25 des Mediums 35 sowie einer

zu diesen parallel wirkenden Eigenkapazität 26 des Behälters 30 zusammensetzt (Fig. 1). Nur die Kapazität 25 des Mediums 35 ist vom Füllstand abhängig. Wenn der Füllstand steigt, so wächst die Kapazität 25 des Mediums 35 und damit auch die aktive Kapazität 21 an, so daß die kapazitive Belastung am Eingang 3 des Verstärkers 1 vergrößert wird.

Die feste Rückkopplungs-Kapazität 24 wird durch einen Kondensator 24a hergestellt. Sie gewährleistet, daß der Verstärker 1 stets dann oszilliert, wenn der Füllstand im Behälter einen kritischen Wert unterschreitet, der z. B. durch die Wahl des Verstärkungsfaktors beeinflusst werden kann. In einer bevorzugten Ausführungsform wird bei Überschreiten des kritischen Füllstandes mittels einer geeigneten Schaltung, die z. B. einen Gleichrichter, ein Integrationsglied und einen Komparator umfassen kann, ein Schaltsignal ausgelöst.

In einem Abstand von der aktiven Elektrode 11 ist eine Elektrode 12 angebracht, die mit dem Ausgang 4 des Verstärkers 1 verbunden ist und die die Kompensationselektrode des erfindungsgemäßen Sensors darstellt. Sie ist gegenüber einer Elektrode 13, die an den Eingang 3 des Verstärkers 1 angeschlossen ist, mit einer Kapazität 22 behaftet, wobei die Elektroden 12 und 13 so positioniert sind, daß das zwischen ihnen bei Anliegen einer Spannung vorhandene elektrische Feld zu einem wesentlichen Teil durch das Behältermaterial verläuft. Die Kapazität 22 stellt die Kompensations-Kapazität des erfindungsgemäßen Sensors dar. Der Einfluß der Kapazität 22 wirkt dem Einfluß der Behälterkapazität erfindungsgemäß entgegen.

Nun wird auf Fig. 2 und Fig. 3 Bezug genommen, die eine Ausführungsform der Erfindung zeigen, in der die Elektrode 13 vorteilhafterweise mit der aktiven Elektrode 11 zu einer kombinierten Elektrode 11a vereinigt ist, so daß zwischen der kombinierten Elektrode 11a und der Kompensations-Elektrode 12 die Kompensations-Kapazität 22 besteht. Bei Anliegen einer Spannung zwischen diesen beiden Elektroden stellt sich ein elektrisches Feld 42 ein, das im wesentlichen durch die Behälterwand 31 verläuft, so daß die Kompensations-Kapazität 22 erfindungsgemäß von den kapazitiven Eigenschaften des Behälters 30 abhängt.

Der Behälter 30 ist in Fig. 2 bis zu einer Höhe H mit dem Medium 35 gefüllt, die höher ist als die kritische Füllstandshöhe. Fig. 2 zeigt das elektrische Feld 41 (gestrichelt eingezeichnet), das sich in diesem Fall bei Anliegen einer Spannung zwischen der kombinierten Elektrode 11a und der Masse 50 einstellt (die Brechung der Feldlinien an Grenzflächen wurde in der Zeichnung nicht berücksichtigt). Ein wesentlicher Teil 41a des elektrischen Feldes 41 durchläuft das Medium 35, wobei dieser Teil des elektrischen Feldes auch die Behälterwand 31 und den Behälterboden 32 durchquert, was mit der Übergangskapazität 27 in Fig. 1 korrespondiert. Ein anderer Teil 41b des elektrischen Feldes 41 durchläuft das Medium 35 nicht, sondern verläuft im wesentlichen innerhalb der Behälterwand 31, was mit der Behälter-Eigenkapazität 26 in Fig. 1 korrespondiert. Die kapazitive Belastung des Eingangs 3 des Verstärkers 1 ist aufgrund des hohen Füllstandes so groß, daß der Verstärker 1 nicht oszilliert. Am Ausgang 4 des Verstärkers liegt daher ein Nullsignal 2a an.

In Fig. 3 ist der Behälter 30 bis zu einer Höhe h, die geringer als die Höhe H in Fig. 2 und geringer als die kritische Füllstandshöhe ist, mit dem Medium 35 gefüllt. Man erkennt, daß ein Teil 41c des elektrischen Feldes 41 (gestrichelt eingezeichnet), das sich in diesem Fall bei Anliegen einer Spannung zwischen der kombinierten Elektrode 11a und der Masse 50 einstellt, nicht mehr durch das Medium 35 verläuft, sondern oberhalb der Oberfläche 36 des Mediums 35 durch Luft verläuft, wodurch die aktive Kapazität 21 (Fig.

1) gegenüber dem in Abb. 2 gezeigten Fall reduziert ist. Die kapazitive Belastung des Eingangs 3 des Verstärkers 1 ist aufgrund des hohen Füllstandes so niedrig, daß der Verstärker 1 oszilliert. Am Ausgang 4 des Verstärkers liegt daher ein Signal 2 an.

Fig. 4 zeigt eine Querschnittsansicht des Behälters 30, der bis zu einer bestimmten Höhe mit dem Medium 35 gefüllt ist. Oberhalb der Oberfläche 36 des Mediums 35 haftet an der Innenseite der Behälterwand 31 eine Schicht 37 des Mediums an. Um die Unterscheidungsfähigkeit zwischen einer massiven und einer scheinbaren, durch Benetzung oder Schaumbildung vorgetäuschten Füllung des Behälters mit dem Medium unter gleichzeitiger Ausnutzung der kapazitiven Eigenschaften des Mediums und seiner Leitfähigkeit zu erreichen, wird der Sensor erfindungsgemäß mit einer Arbeitsfrequenz von typischerweise 4 MHz bis 10 MHz betrieben. In einer bevorzugten Ausführungsform liegt die Arbeitsfrequenz bei ca. 7 MHz. Andere Arbeitsfrequenzen sind möglich und können z. B. durch entsprechende Bestückung bzw. Parametrierung des Verstärkers 1 realisiert werden.

In Fig. 5 ist ein erfindungsgemäßer Sensor mit einer bevorzugten Ausführungsform der Elektroden gezeigt, bei der die Elektroden starr miteinander verbunden sind. Die Elektroden 11, 13 und 15 sind zu einer scheibenförmigen kombinierten Elektrode 11b vereinigt. Gleichzeitig sind die Elektroden 12, 14 zu einer kombinierten Elektrode 12b vereinigt, die eine scheibenförmige Rückenplatte 60 und eine ausgesparte Frontplatte 62 umfaßt, die mittels eines elektrisch leitenden hohlzylindrischen Abstandshalters 61 an ihren Außenrändern elektrisch leitend und starr miteinander verbunden sind. Die kombinierte Elektrode 11b ist konzentrisch in der Aussparung der ausgesparten Frontplatte 62 angebracht und liegt mit der ausgesparten Frontplatte 62 in einer Ebene (Fig. 6). Die Rückenplatte 60 weist eine zentrische Bohrung 63 auf, die als Durchführung für den elektrischen Anschluß der kombinierten Elektrode 11b dient. Die feste Rückkopplungs-Kapazität 24 wird in dieser Ausführungsform im wesentlichen durch die kombinierte Elektrode 11b und die Rückenplatte 60 gebildet, während die Kompensations-Kapazität im wesentlichen durch die kombinierte Elektrode 11b und die ausgesparte Frontplatte 62 gebildet wird.

In einer anderen bevorzugten Ausführungsform sind die kombinierte Elektrode 11b und die ausgesparte Frontplatte 62 jeweils als Leiterbahnen auf einer Seite einer Isolierschicht ausgebildet, während die Rückenplatte 60 als Leiterbahn auf der anderen Seite der Isolierschicht ausgebildet ist. Die Isolierschicht besteht in einer bevorzugten Ausführungsform aus einem Leiterplattenmaterial, das z. B. vom Typ Fr4 sein kann.

Andere geometrische Anordnungen der Elektroden sind möglich. Fig. 7 zeigt eine Ausführungsform, in der die kombinierte Elektrode 11b von rechteckiger Form ist. Die ausgesparte Frontplatte 62 (Fig. 6) ist dabei durch zwei Leiterstreifen 62a ersetzt, die sich an gegenüberliegenden Seiten der kombinierten Elektrode 11b befinden. Fig. 8 zeigt eine weitere Ausführungsform, in der die kombinierte Elektrode 11b von rechteckiger Form und von einem Leiterstreifen 62a umrandet ist.

In einer anderen Ausführungsform (nicht gezeigt) weist der Sensor mindestens eine Gruppe aus einer Mehrzahl von miteinander verbundenen Elektroden auf. Z. B. kann die aktive Elektrode (11) aufgespalten sein in eine Mehrzahl von miteinander verbundenen Abschnitten, die an verschiedenen Orten angeordnet sind. Eine Anwendung dieser Ausführungsform besteht z. B. in der simultanen Überwachung der Füllstände in mehreren Behältern, bei der eine Auslösung des Sensors erwünscht ist, wenn in mindestens einem

der Behälter ein bestimmter kritischer Füllstand überschritten ist.

In einer weiteren Ausführungsform (nicht gezeigt) ist die aktive Elektrode 11 innerhalb des Behälters 30 nahe dessen Innenwand so angeordnet, daß sie in das Medium 35 eintaucht, wenn der Füllstand einen bestimmten Wert überschreitet. Der Betrieb des Sensors wird durch diese Anordnung nicht beeinträchtigt. Falls nach einer darauf folgenden Absenkung des Füllstandes Benetzung der Innenwände des Behälters 30 oder Schaumbildung bis in die Anbringungshöhe der aktiven Elektrode 11 vorliegt, ist auch die Elektrode 11 selbst von Benetzung betroffen. In einer Ausführungsform der Erfindung, in der der Oszillator mit einer Arbeitsfrequenz im Bereich von ca. 4 MHz bis ca. 10 MHz betrieben wird, ist die Unterscheidungsfähigkeit zwischen einer massiven und einer scheinbaren, durch Benetzung oder Schaumbildung vorgetäuschten Füllung des Behälters mit dem Medium weiterhin gegeben.

Andere Formen, Anordnungen und Kombinationen der Elektroden sind möglich, ohne den Schutzbereich der Erfindung zu verlassen. Die Elektroden können innerhalb oder außerhalb des Behälters angeordnet sein.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung (nicht gezeigt) ist der Sensor gegen ein Eindringen des Mediums gesichert und innerhalb des Behälters 30 so angeordnet, daß der Sensor in das Medium 35 eintaucht, wenn der Füllstand einen bestimmten Wert überschreitet.

Bezugszeichenliste

1 Verstärker	30
2 Wechsellspannungssignal am Eingang des Verstärkers	
3 Eingang des Verstärkers	
4 Ausgang des Verstärkers	
11 erste Elektrode (aktive Elektrode)	35
11a kombinierte Elektrode (aus den Elektroden 11, 13)	
11b kombinierte Elektrode (aus den Elektroden 11, 13, 15)	
12 zweite Elektrode (Kompensations-Elektrode)	
12b kombinierte Elektrode (aus den Elektroden 12, 14)	
13 dritte Elektrode	40
14 verstärkerausgangsseitige Elektrode des Kondensators	
15 verstärkereingangsseitige Elektrode des Kondensators	
21 erste Kapazität (aktive Kapazität)	
22 zweite Kapazität (Kompensations-Kapazität)	
24 dritte Kapazität (feste Rückkopplungs-Kapazität)	45
24a Kondensator	
25 Kapazität des Mediums	
26 Behälter-Eigenkapazität	
27 Übergangskapazität	
30 Behälter	50
31 Behälterwand	
32 Behälterboden	
35 Medium	
36 Oberfläche des Mediums	
37 an der Behälterwand anhaftende Schicht des Mediums	55
41 elektrisches Feld zwischen erster Elektrode und Masse	
42 elektrisches Feld zwischen erster Elektrode und zweiter Elektrode	
50 Masse	
60 Rückenplatte	60
61 Abstandshalter	
62 ausgesparte Frontplatte	
62a Leiterstreifen	
63 Bohrung	65

Patentansprüche

1. Kapazitiver Sensor zur Detektion des Füllstandes

eines Mediums (35) in einem Behälter (30) mit nichtmetallischer Behälterwand (31), umfassend einen Verstärker (1) und eine erste Elektrode (11), die an den Eingang (3) des Verstärkers (1) angeschlossen ist und gegenüber Masse (50) mit einer ersten Kapazität (21) behaftet ist, so daß der Eingang (3) des Verstärkers (1) kapazitiv belastet ist, wobei die Elektrode (11) so angeordnet ist, daß das durch das Signal (2) zwischen der Elektrode (11) und Masse (50) entstehende elektrische Feld (41) im wesentlichen durch den Behälter (30) und das Medium (35) verläuft, so daß die Größe der ersten Kapazität einerseits mit zunehmendem Füllstand des Mediums (35) in dem Behälter (30) anwächst und andererseits durch die kapazitiven Eigenschaften des Behälters (30) beeinflusst ist, eine zweite Elektrode (12), die an den Ausgang (4) des Verstärkers (1) angeschlossen ist, und eine dritte Elektrode (13), die an den Eingang (3) des Verstärkers (1) angeschlossen ist, wobei sich die zweite Elektrode (12) und die dritte Elektrode (13) in einem Abstand zueinander befinden und so positioniert sind, daß zwischen ihnen eine zweite Kapazität (22) besteht, deren Größe wesentlich durch die kapazitiven Eigenschaften des Behälters (30) und nur unwesentlich durch den Füllstand des Mediums (35) im Behälter (30) beeinflusst ist und die eine kapazitive Rückkopplung des Verstärkers (1) darstellt, und ferner umfassend einen Kondensator (24a), der eine dritte Kapazität (24) aufweist, wobei die eine Elektrode (14) des Kondensators (24a) an den Ausgang (4) und die andere Elektrode (15) des Kondensators (24a) an den Eingang (3) des Verstärkers (1) angeschlossen ist, so daß der Kondensator (24a) parallel zu der zweiten Kapazität (22) ebenfalls eine kapazitive Rückkopplung des Verstärkers (1) darstellt, wobei die Kapazität (24) des Kondensators (24a) so gewählt ist, daß der Verstärker (1) aufgrund der kapazitiven Rückkopplung nur dann oszilliert, wenn der Füllstand des Mediums (35) im Behälter (30) und damit die erste Kapazität (21) jeweils unterhalb einer bestimmten Schwelle liegen, wobei die zweite Kapazität (22) dem den Eingang (3) des Verstärkers (1) belastenden kapazitiven Einfluß des Behälters (30) entgegenwirkt, so daß der kapazitive Einfluß des Behälters (30) reduziert ist.

2. Sensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die erste Elektrode (11) und die dritte Elektrode (13) zusammenfallen und somit eine kombinierte Elektrode (11a) bilden.

3. Sensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die erste Elektrode (11) und die verstärkereingangsseitige Elektrode (15) des Kondensators (24a) zusammenfallen und somit eine kombinierte Elektrode bilden.

4. Sensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die erste Elektrode (11), die dritte Elektrode (13) und die verstärkereingangsseitige Elektrode (15) des Kondensators (24a) zusammenfallen und somit eine kombinierte Elektrode (11b) bilden.

5. Sensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die zweite Elektrode (12) und die verstärkerausgangsseitige Elektrode (14) des Kondensators (24a) zusammenfallen und somit eine kombinierte Elektrode (12b) bilden.

6. Sensor nach Anspruch 1, 4 und 5, dadurch gekennzeichnet, daß die kombinierte Elektrode (11b) und die kombinierte Elektrode (12b) starr miteinander verbunden sind.

7. Sensor nach Anspruch 1, 4 und 5, dadurch gekennzeichnet, daß die kombinierte Elektrode (11b) und die

kombinierte Elektrode (12b) konzentrisch angeordnet sind.

8. Sensor nach Anspruch 1, 4, 56 und 7, dadurch gekennzeichnet, daß die kombinierte Elektrode (12b) eine erste Platte (60) und eine ausgesparte zweite Platte (62) aufweist, die mittels eines Leiters (61) mit der ersten Platte (60) verbunden ist, in einem Abstand von der ersten Platte (60) und konzentrisch zu dieser angeordnet ist, wobei die kombinierte Elektrode (11b) in einer Ebene mit der ausgesparten zweiten Platte (62) liegt und innerhalb der Aussparung angeordnet ist.

9. Sensor nach Anspruch 1, 4, 5, 6, 7 und 8, dadurch gekennzeichnet, daß die erste Platte (60) auf einer Seite einer Leiterplatte und die ausgesparte zweite Platte (62) und die kombinierte Elektrode (11b) auf der anderen Seite der Leiterplatte aufgebracht sind.

10. Sensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Sensor Teil einer Schaltung ist, die ein Schallsignal liefert, wenn der Verstärker (1) nicht oszilliert.

11. Sensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß als Verstärker (1) ein Verstärker mit einer solchen Eigenfrequenz verwendet wird, daß einerseits die Belastung des Eingangs (3) des Verstärkers (1) durch den ohmschen und kapazitiven Widerstand zwischen der Elektrode (11) und Masse (50) so beeinflusst ist, daß der Verstärker (1) oszilliert, wenn der Füllstand des Mediums (35) in dem Behälter (30) unterhalb dieser Schwelle liegt und die Innenseite der Wand (31) des Behälters (30) oberhalb der Oberfläche (36) des Mediums (35) mit einer Schicht (37) des Mediums (35) behaftet ist oder wenn oberhalb der Oberfläche (36) des Mediums (35) Schaum vorliegt, und daß andererseits die Störungen, die durch das Auftreten von Reflexionen, stehenden Wellen und anderen Einflüssen innerhalb des Zuleitungskabels zwischen Oszillator und Elektrode verursacht werden, unerheblich sind und die geltenden EMV-Vorschriften eingehalten werden.

12. Sensor nach Anspruch 1-11, dadurch gekennzeichnet, daß der Sensor mindestens eine Gruppe aus einer Mehrzahl von miteinander verbindenden Elektroden aufweist.

13. Sensor nach Anspruch 1-12, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens eine Elektrode im Inneren des Behälters (30) angeordnet ist und bei Überschreiten eines bestimmten Füllstandes in das Medium (35) eintaucht.

14. Sensor nach Anspruch 1-13, dadurch gekennzeichnet, daß der Sensor im Inneren des Behälters (30) angeordnet ist und bei Überschreiten eines bestimmten Füllstandes in das Medium (35) eintaucht.

15. Kapazitiver Sensor für den Füllstand eines Mediums (35) in einem Behälter (30) mit nichtmetallischer Behälterwand (31), umfassend einen Verstärker (1) mit einem Verstärkungsfaktor größer als 1, weiter umfassend eine erste Elektrode (11), die an den Eingang (3) des Verstärkers (1) angeschlossen ist und gegenüber Masse (50) mit einer ersten Kapazität (21) behaftet ist, so daß der Eingang (3) des Verstärkers (1) kapazitiv belastet ist, was eine Verkleinerung eines am Eingang (3) des Verstärkers (1) anliegenden Signals (2) bewirkt, wobei die Elektrode (11) so angeordnet ist, daß das durch das Signal (2) zwischen der Elektrode (11) und Masse (50) entstehende elektrische Feld (41) im wesentlichen durch den Behälter (30) und das Medium (35) verläuft, so daß die Größe der ersten Kapazität mit zunehmendem Füllstand des Mediums (35) in dem Behälter (30) anwächst, weiter umfassend eine zweite Elektrode (12), die an den Ausgang (4) des Verstärkers

(1) angeschlossen ist, und eine dritte Elektrode (13), die an den Eingang (3) des Verstärkers (1) angeschlossen ist, wobei sich die Elektroden (12) und (13) in einem Abstand zueinander befinden und so positioniert sind, daß zwischen ihnen eine zweite Kapazität (22) besteht, deren Größe wesentlich durch die kapazitiven Eigenschaften des Behälters (30) und nur unwesentlich durch den Füllstand des Mediums (35) im Behälter (30) beeinflusst ist und die eine kapazitive Rückkopplung des Verstärkers (1) bewirkt, was eine Vergrößerung eines am Eingang (3) des Verstärkers (1) anliegenden Signals (2) bewirkt, und ferner umfassend einen Kondensator (24a), der eine dritte Kapazität (24) aufweist, deren Größe im wesentlichen weder durch die kapazitiven Eigenschaften des Behälters (30) noch durch den Füllstand des Mediums (35) im Behälter (30) beeinflusst ist, wobei die eine Elektrode (14) des Kondensators (24a) an den Ausgang (4) und die andere Elektrode (15) des Kondensators (24a) an den Eingang (3) des Verstärkers (1) angeschlossen ist, so daß der Kondensator (24a) parallel zu der zweiten Kapazität (22) ebenfalls eine kapazitive Rückkopplung des Verstärkers (1) bewirkt, was eine weitere Vergrößerung des am Eingang (3) des Verstärkers (1) anliegenden Signals (2) bewirkt, wobei die Kapazität (24) des Kondensators (24a) so gewählt ist, daß der Verstärker (1) aufgrund der kapazitiven Rückkopplung nur dann oszilliert, wenn der Füllstand des Mediums (35) im Behälter (30) und damit die erste Kapazität (21) jeweils unterhalb einer bestimmten Schwelle liegen, wobei als Verstärker (1) ein Verstärker mit einer solchen Eigenfrequenz verwendet wird, daß einerseits die Belastung des Eingangs (3) des durch den ohmschen und kapazitiven Widerstand zwischen der Elektrode (11) und Masse (50) so beeinflusst ist, daß der Verstärker (1) oszilliert, wenn der Füllstand des Mediums (35) in dem Behälter (30) unterhalb dieser Schwelle liegt und die Innenseite der Wand (31) des Behälters (30) oberhalb der Oberfläche (36) des Mediums (35) mit einer Schicht (37) des Mediums (35) behaftet ist oder wenn oberhalb der Oberfläche (36) des Mediums (35) Schaum vorliegt, und daß andererseits die Störungen, die durch das Auftreten von Reflexionen, stehenden Wellen und anderen Störungen innerhalb des Zuleitungskabels zwischen Oszillator und Elektrode verursacht werden, unerheblich sind und die geltenden EMV-Vorschriften eingehalten werden, und wobei die zweite Kapazität (22) so gewählt ist, daß der Verkleinerung des Signals (2) durch die kapazitive Belastung des Eingangs (3) des Verstärkers (1) allein aufgrund der kapazitiven Eigenschaften des Behälters (30) entgegenwirkt wird durch die Vergrößerung des Signals (2), die durch die kapazitive Rückkopplung allein aufgrund der zweiten Kapazität (22) verursacht wird, wobei die erste Elektrode (11), die dritte Elektrode (13) und die verstärkereingangsseitige Elektrode (15) des Kondensators (24a) zusammenfallen und eine scheibenförmige kombinierte Elektrode (11b) bilden, die als Leiterbahn auf einer ersten Seite einer Leiterplatte ausgebildet ist, und wobei die zweite Elektrode (12) und die Elektrode (14) des Kondensators (24a) zusammenfallen und eine kombinierte Elektrode (12b) bilden, die mit der kombinierten Elektrode (11b) starr verbunden ist und die eine scheibenförmige erste Platte (60), die als Leiterbahn auf der anderen Seite der Leiterplatte ausgebildet ist, und eine ringförmig ausgesparte zweite Platte (62) aufweist, die in einer Ebene mit der kombinierten Elektrode (11b) liegt und diese konzentrisch umgibt und als

Leiterbahn auf der ersten Seite der Leiterplatte ausgebildet ist und konzentrisch zu der ersten Platte (60) angebracht ist, und weiter umfassend eine Schaltung, die ein Schaltsignal liefert, wenn der Verstärker (1) nicht oszilliert.

5

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

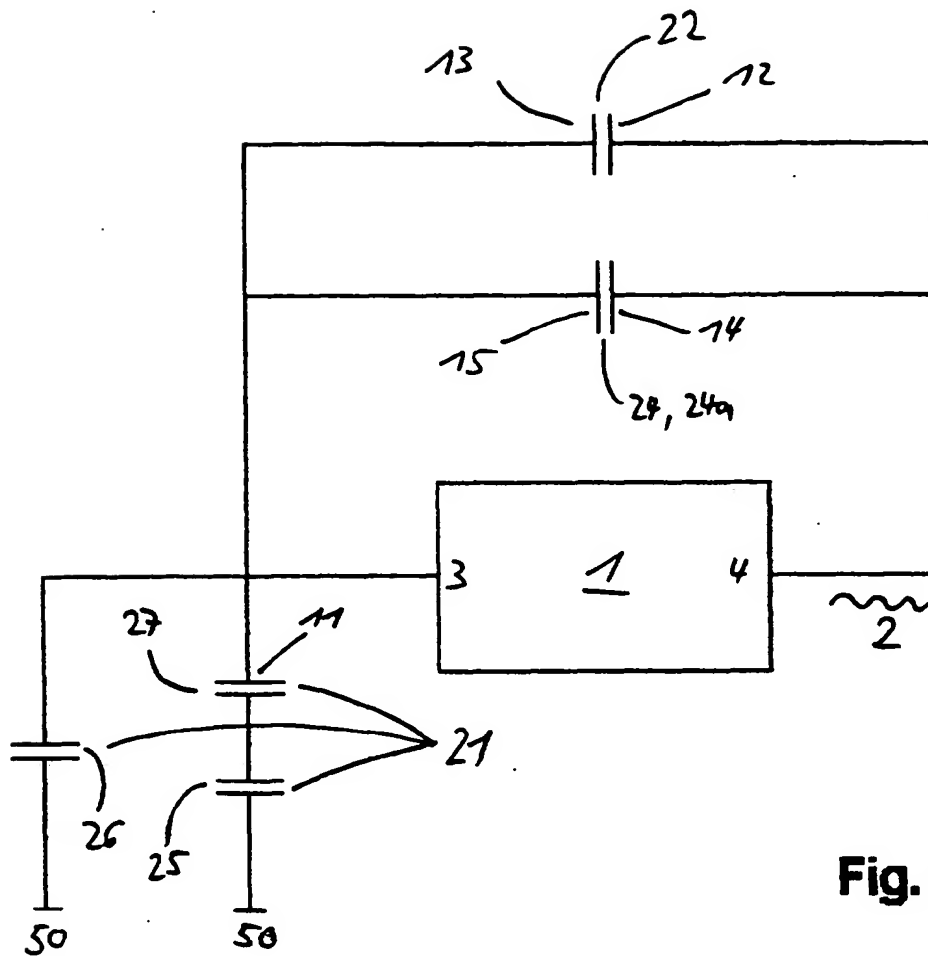


Fig. 1

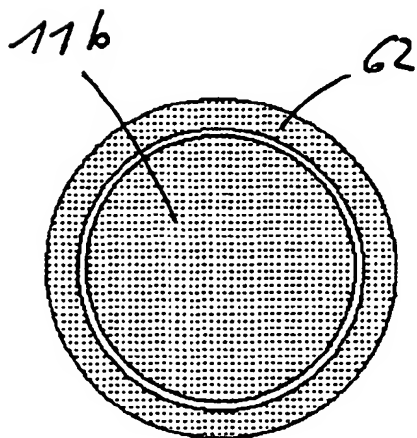


Fig. 6

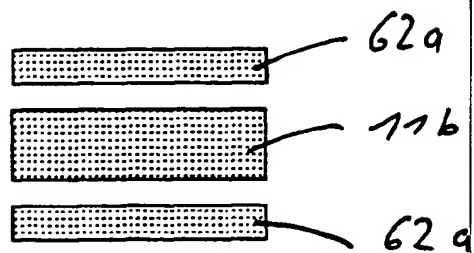


Fig. 7

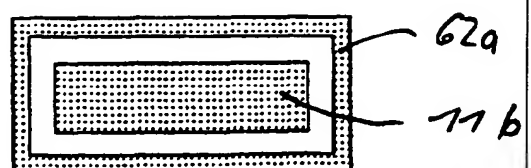


Fig. 8

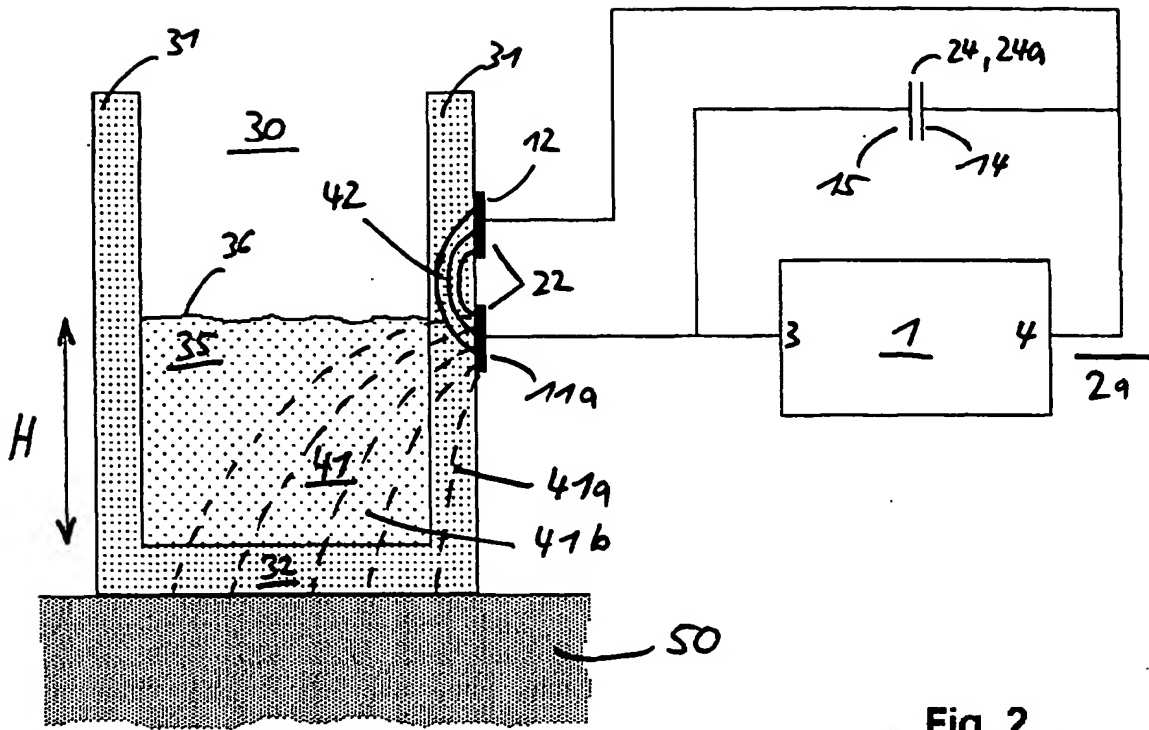


Fig. 2

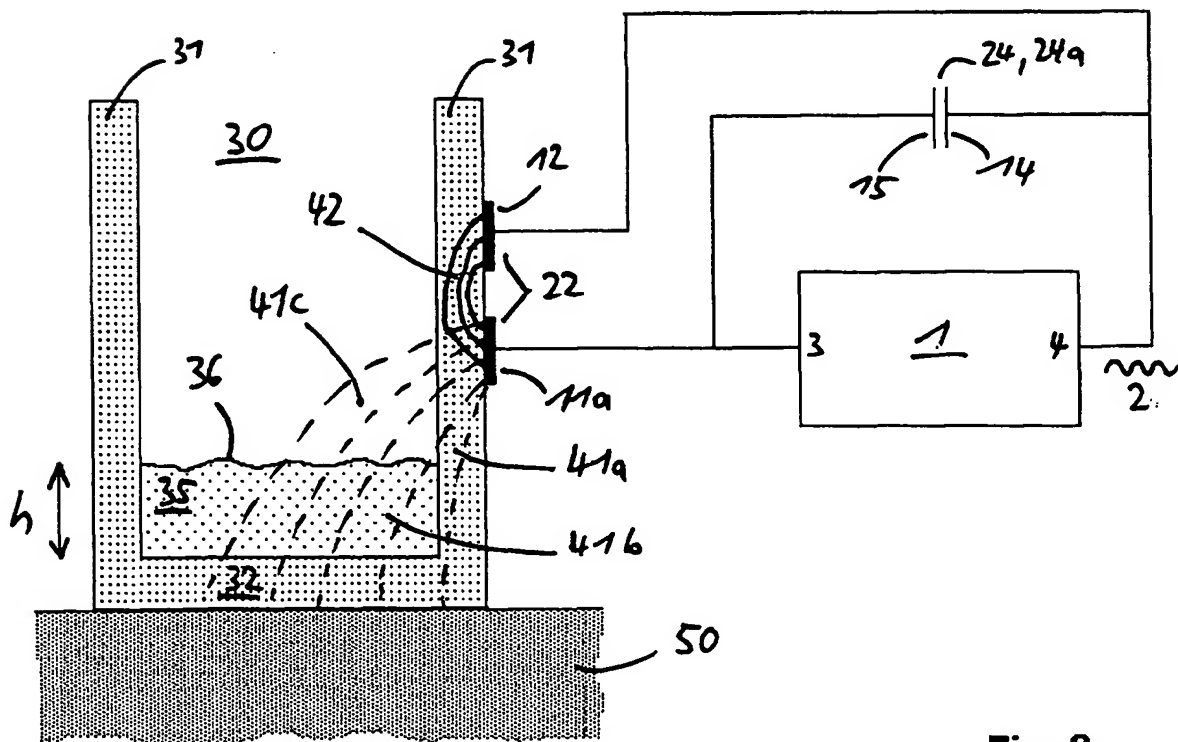


Fig. 3

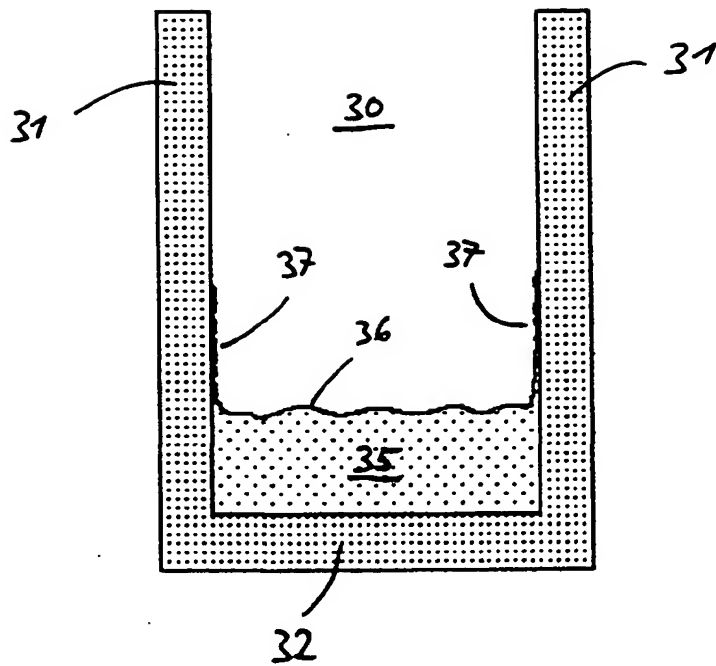


Fig. 4

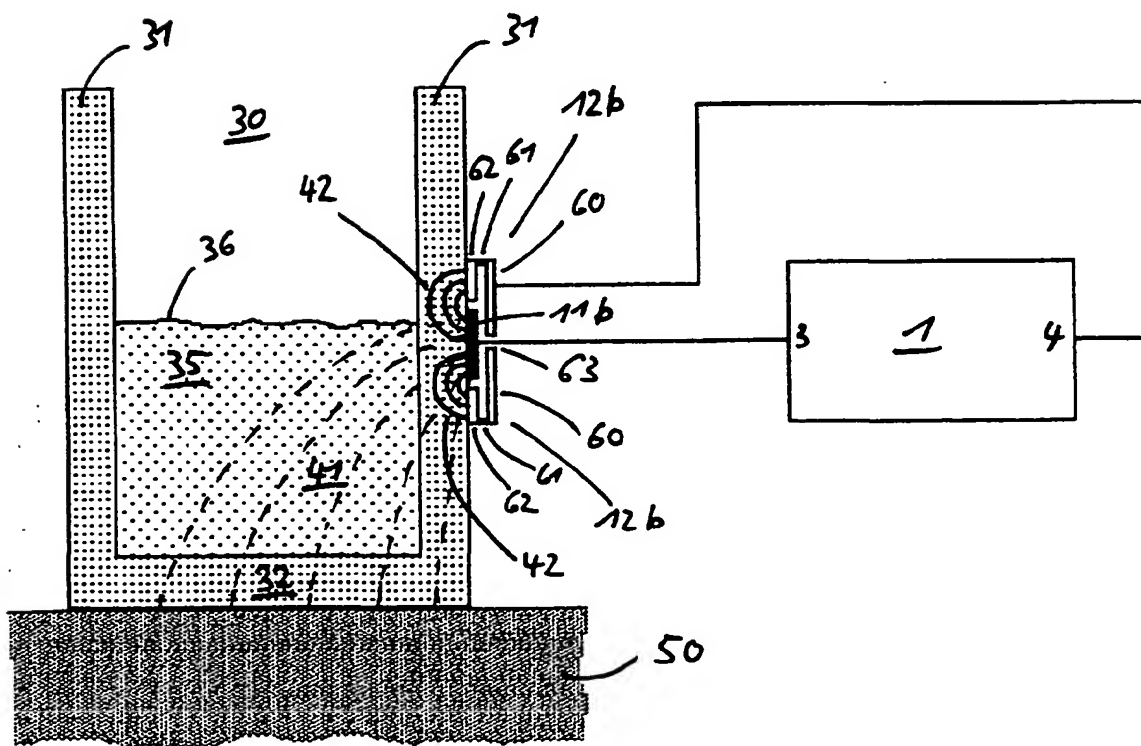


Fig. 5